

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panel Surya

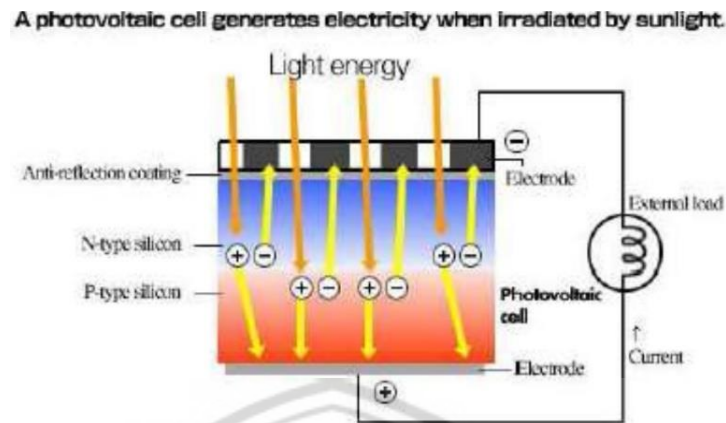
Panel Surya adalah sebuah alat yang mampu megkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung [Energi Terapan]. Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya sangat bergantung pada radiasi matahari. Penggunaan panel surya ini salah satu tujuan adalah sebagai upaya menemukan sebuah energi yang bersih yang mampu mengurangi ketergantungan terhadap energi konvensional seperti *fossil, oil and gas* yang mana ketersediannya terbatas dan tidak dapat diperbaharui



Gambar 2.1 Modul panel surya

Prinsip kerja panel surya ketika tersinari radiasi matahari, maka panel surya akan menerima sebuah energi yang didapatkan dari foton ke *electron* dan bergerak bebas pada lapisan *type-n*, akibatnya *electron type-n* mendapatkan dorongan energi untuk berpindah ke lapisan *type-p*. Proses perpindahan ini menyebabkan pada lapisan *type-n* memiliki sifat lebih positif dari lapisan *type-p* dikarenakan ada beberapa proton yang lebih besar dari jumlah *electron*. Kemudian *electron* bebas akan bergerak masuk ke dalam sebuah lapisan *type-p* dan masuk ke dalam *hole* yang mengakibatkan lapisan *type-p* memiliki sifat lebih negative, dikarenakan ada beberapa atom memiliki jumlah proton yang sedikit dari jumlah elektronnya. *Type-*

n dan *type-p* kalau disambungkan dengan beban, maka arus akan mengalir dari lapisan *type-p* ke *type-n*. [Adhi Warsito]



Gambar 2.2 Skema prinsip kerja panel surya

Besarnya *output* daya yang dihasilkan bergantung penuh terhadap besarnya inputan dalam hal ini adalah radiasi matahari. Daya listrik didapat dari perkalian *voltage* dan *current* seperti pada rumus dibawah ini :

$$P_{sel} = V_{sel} * I_{sel} \quad (2.1)$$

Keterangan :

P_{sel} : Daya panel surya

V_{sel} : Tegangan panel surya

I_{sel} : Arus panel surya

Efisiensi *output* maksimum juga didefinisikan sebagai persentase *output* daya optimum terhadap radiasi matahari yang digunakan, dapat dituliskan sebagai berikut :

$$(\pi) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Selain efisiensi *output* maksimum, karakteristik lain yang harus diperhatikan adalah faktor pengisi atau *Fill Factor (FF)* yang merupakan sebuah nilai *voltage ratio* dan *current* pada keadaan *Panel Surya* dalam keadaan daya maksimum dan *open circuit voltage (Voc)* dan *short circuit current (Isc)*. Atas dasar itu bahwa daya yang dimiliki sebuah panel surya belum tentu akan didistribusikan terhadap beban

sepenuhnya. Harga *fill factor* ideal kisaran 0.7 – 0.85. Dapat dituliskan dalam rumus berikut :

$$FF = \frac{V_{mpp} \times I_{mpp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \times 100\% \quad (2.3)$$

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (2.4)$$

Keterangan :

FF : *Fill Factor*

V_{mpp} : Tegangan Maksimum

I_{mpp} : Arus Maksimum

V_{oc} : *Open Circuit Voltage*

I_{sc} : *Short Circuit Current*

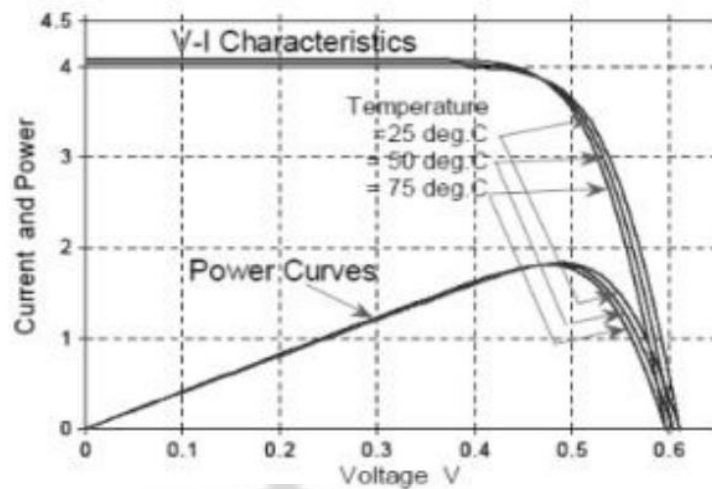
P_{out} : Daya Keluaran

2.2 Faktor Pengoperasian Maksimum Panel Surya

Panel surya selama pengoperasian ada beberapa parameter yang harus diperhatikan guna untuk mendapatkan hasil yang maksimum diantaranya *temperature*, intensitas cahaya dan orientasi sudut, yaitu sebagai berikut:

2.2.1 *Temperature Panel Surya*

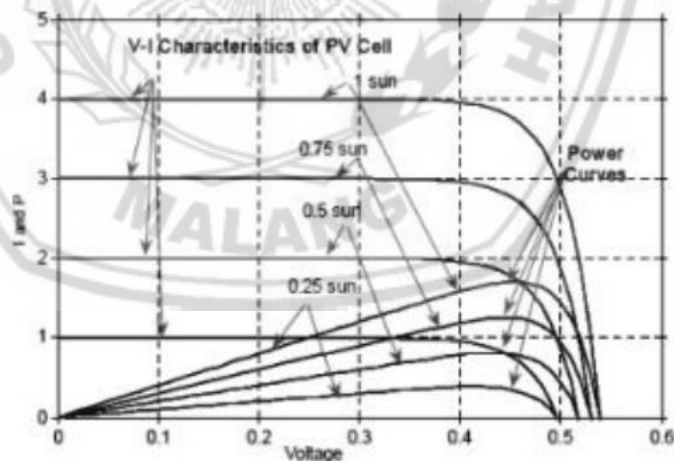
Panel Surya akan bekerja secara maksimum pada suhu *standart* (pada 25°C), Jika *temperature* naik melebihi dengan suhu *standart* akan melemahkan tegangan *photovoltaic cell*. Setiap kenaikan 1°C dari 25°C akan mengurangi 0.4% dari jumlah energi yang dihasilkan atau 2 kali lipat akan melemah untuk setiap kenaikan *temperature photovoltaic cell* per 10°C, lihat Gambar 2.3 berikut :



Gambar 2.3 Karakteristik keluaran panel surya terhadap suhu

2.2.2 Irradiance Matahari

Pengoperasian panel surya sangat berpengaruh pada radiasi matahari yang diterimanya. Semakin besar radiasi matahari yang diterima maka semakin besar tegangan dan arus yang dihasilkan begitupun sebaliknya, Penurunan tegangan lebih kecil dibanding dengan penurunan arus, 1 sun = 1000 W/m^2 dapat dilihat pada Gambar 2.4

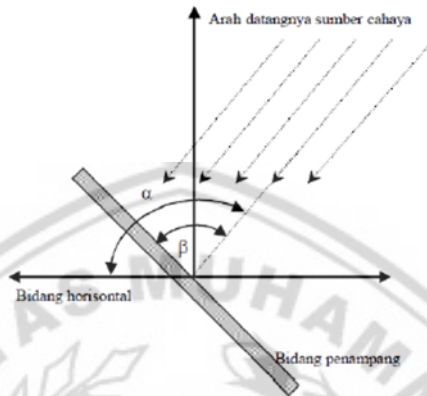


Gambar 2.4 Karakteristik keluaran *Photovoltaic Cell* terhadap Iradian

2.3 Sistem Tracker Matahari

Sistem *tracker* matahari memiliki fungsi untuk mengendalikan posisi dengan tujuan membuat panel surya selalu menghadap arah datangnya sinar matahari. Sistem yang dirancang ini adalah sebuah sistem kontrol *single axis* dengan

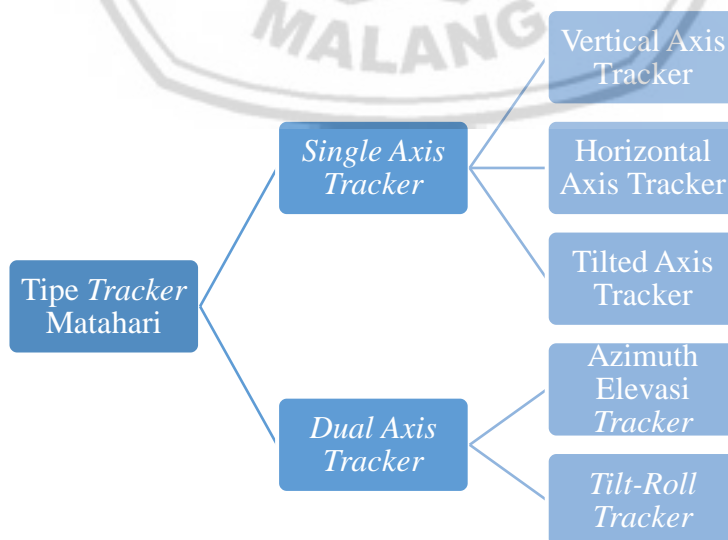
pertimbangan pada sistem mekanik yang tidak sulit sehingga dengan kesederhanaan mekaniknya akan mengurangi biaya pembuatannya. Keadaan panel menghadap sumber datangnya sinar matahari pada dasarnya yaitu kondisi ketika sudut arah datangnya sumber sinar matahari dengan panel surya selalu mendekati tegak lurus seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sudut-sudut yang berpengaruh pada kontrol *tracker*.

Dibandingkan dengan panel surya yang statis, panel surya yang dinamis digerakkan oleh aktuator pada kontrol *tracker* jejak matahari sehingga dapat mendapatkan daya maksimum pada keluaran panel surya.

Sistem *tracker* panel surya dari beberapa jenis dapat diklasifikasikan menurut beberapa kriteria seperti pada gambar 2.6

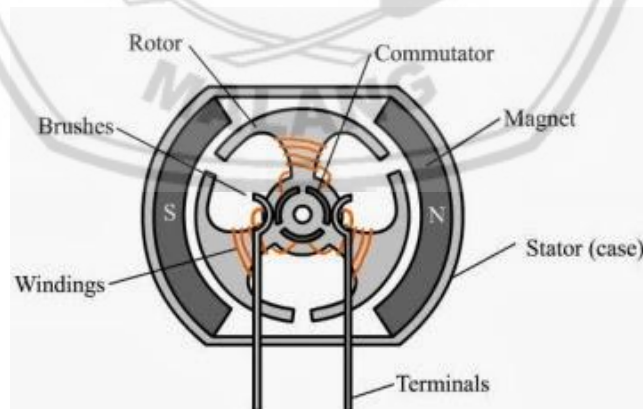


Gambar 2.6 Beberapa tipe *tracker* matahari

- *Tracker single axis* sistem *tracker single axis* menggerakkan kolektor satu sumbu rotasi sampai pusat sinar matahari tegak lurus dengan pusat kolektor. Terdapat tiga jenis sistem *tracker single axis* yang tersedia yaitu *tracker horizontal axis*, *tilted axis tracker*, *vertical axis tracker*
- *Dual axis tracker* dalam sistem ini terdapat dua mode dalam sistemnya yaitu azimuth-elevation *tracker* dan *tilt-roll tracker*, pada sistem azimuth-elevasi kolektor bebas bergerak mengikuti sumbu azimuth dan elevasi, sudut pelacakan sumbu azimuth adalah sudut azimuth matahari dan sumbu elevasi adalah sumbu elevasi matahari.

2.1 Motor Direct Current (DC)

Motor *Direct Current* (DC) yakni salah satu jenis motor dimana pemakaian tegangannya menggunakan sumber tegangan searah / *Direct Current Voltage*. Pada saat kedua terminal diberikan beda tegangan potensial akan membuat motor berputar pada satu arah, apabila keadaan tersebut dibalik yaitu diberikan polaritas yang berbeda dari sebelumnya maka motor akan berputar berlawanan arah. Hal ini terjadi karena fungsi dari polaritas tegangan yang diberikan pada dua terminal adalah mengatur arah perputaran motor, sedangkan untuk menambah atau mengurangi kecepatan motor dapat dilakukan dengan mengatur besar kecilnya sumber tegangan pada kedua terminal dari motor.

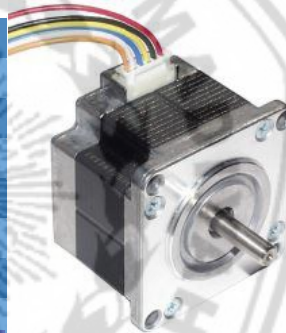


Gambar 2.7 Kerangka Motor DC

Struktur mekanik dari motor *direct current* pada Gambar 2.7 terdapat dua komponen, yaitu :

- Bagian diam atau yang biasa disebut stator, stator sendiri berfungsi menghasilkan medan magnet yang diakibatkan karena pada stator terdapat sebuah lilitan (*electro magnet*) atau juga magnet permanen (*Permanent Magnet*).
- Bagian berputar atau bergerak yang biasa disebut dengan rotor, bagian ini terdiri dari sebuah lilitan yang akan dialiri arus listrik. Akibat dari aliran arus yang mengalir pada penghantar yang berada dalam medan magnet akan menghasilkan gaya elektromagnetik. *Magnetic field* atau medan magnet terjadi karena efek dari *permanent*. Pada gaya magnet garis-garis gaya magnet beredar diantara dua kutub magnet yaitu dari kutub utara ke kutub selatan. Ketika arus mengalir pada penghantar yang berada dalam jangkauan medan magnet akan mengakibatkan gaya, gaya ini sendiri terjadi berdasarkan pada arah arus dan arah medan magnet.

Specification	
Rating Voltage	12V
Current	2A
Resistance	2 Ohm
Inductance	4,4 mM
Holding Torque	mNm min
Dynamic torque	869 mNm ref
Rotor Inertia	120 g/cm2

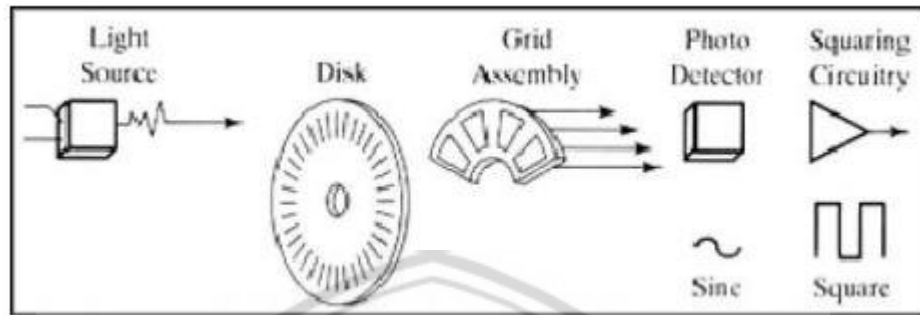


Gambar 2.8 Spesifikasi Motor DC Stepper

2.2 Rotary Encoder

Rotary encoder atau *encoder* adalah *device electromechanical* yang bekerja dengan cara mengukur pergerakan ataupun posisi sudut dari motor atau alat yang diukur. *Encoder* biasanya dirancang dengan menggunakan sebuah sensor *optical*, sensor ini nantinya akan mengirimkan *electric signal* yang kemudian data tersebut akan diartikan dalam bentuk posisi, gerakan atau arah dari motor atau alat yang diukur. *Encoder* atau *rotary encoder* dalam penggunaannya perangkat ini biasa dipakai dalam sistem robot, motor drive, dsb. Rangkaian penyusun dari *rotary encoder* terdiri dari beberapa komponen yang pertama terdiri dari sebuah roda cakram yang tipis yang mana dibagian lingkarannya terdapat lubang-lubang. Untuk mendeteksi adanya pergerakan digunakan *Light Emitting Diode* (LED) yang

berguna untuk menyinari piringan berlubang tersebut. Kemudian pada sisi lainnya ada sebuah sensor penangkap cahaya yang biasa disebut phototransistor yang mempunyai fungsi mendeteksi sinaran cahaya dari LED yang diletakkan berhadapan.



Gambar 2.9 Blok penyusun rotary encoder

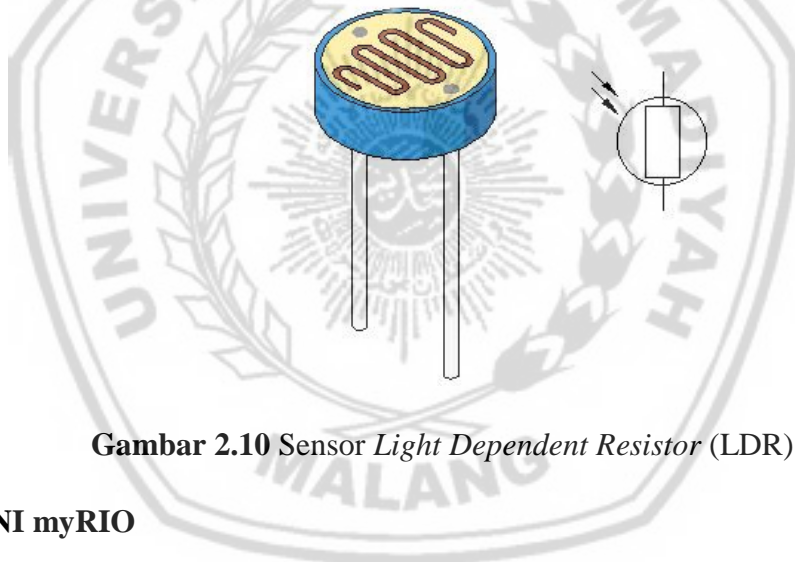
2.5 Sensor Light Dependent Resistor (LDR)

Sebuah resistor yang nilainya bisa berubah-ubah tergantung dari besar kecilnya intensitas cahaya yang diterima oleh komponen tersebut biasa disebut *Light Dependent Resistor* (LDR). Pada penggunaanya LDR ini biasa diaplikasikan untuk *detector* sinar atau sensor pengukuran untuk besaran nilai cahaya. LDR tersusun atas piringan *semiconductor* yang terdapat dua buah *electrode* pada penampangnya. Pada kondisi gelap atau kurang terang maka piringan *semiconductor* akan mengeluarkan *electron* bebas yang sedikit, karena hal tersebut akan membuat sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) ini menjadi *conductor* yang buruk karena pada saat gelap atau kurang terang LDR memiliki resistensi yang besar. Sedangkan ketika cahaya terang piringan *semiconductor* akan menghasilkan *electron* bebas yang lebih banyak sehingga akan membuat LDR memiliki nilai resistansi yang kecil dan membuatnya menjadi *conductor* yang baik. Resistansi dari LDR bisa bervariasi yaitu antara 100Ω pada sinar matahari sampai lebih $100\text{ M}\Omega$ pada keadaan gelap gulita. Ketika keadaan tersinari matahari intensitas meningkat begitu juga dengan nilai tegangan keluaran dari LDR meningkat. Tegangan keluaran dari LDR bisa di kalkulasikan dengan rumus[7].

$$V_{Out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_{LDR} + R_2} \quad (2.5)$$

2.5.1. Mekanisme LDR

Didalam sensor LDR ada sebuah garis atau lengkungan yang berbentuk seperti kurva pada sisi bagian atasnya. Garis tersebut tersusun dari bahan kadmium sulfida yang akan bereaksi jika diberi cahaya. Garis kadmium sulfida dibuat melengkung bertujuan agar jalur tersebut dapat memenuhi ruang yang kecil. Kadmium Sulfida (CdS) termasuk dalam bahan *semiconductor* yang didalamnya terdapat jarak *energy* antara *conduction electron* dan *valency electron*. Energi proton akan terserap kedalam kadmium sulfida yang menyebabkan perpindahan dari *band valency* ke *band conduction*, hal ini terjadi ketika cahaya mengenai kadmium sulfida. Efek dari perpindahan *electron* dari *band valency* ke *band conduction* mengakibatkan resistansi dari kadmium sulfida berkurang sebaliknya ketika sedikit cahaya yang mengenai kadmium sulfida resistansi akan meningkat.



Gambar 2.10 Sensor *Light Dependent Resistor* (LDR)

2.3 NI myRIO

National Instrument myRIO-1900 (NI myRIO-1900) adalah sebuah perangkat keras I/O yang mudah untuk dikonfigurasi ulang untuk membantu menyelesaikan sebuah permasalahan ataupun digunakan dalam proses tertentu. NI myRIO-1900 hanya dapat dioperasikan menggunakan sebuah *software LabVIEW* untuk membuat bermacam aplikasi. Gambar fisik *NI myRIO-1900* ditunjukkan pada Gambar 2.11.



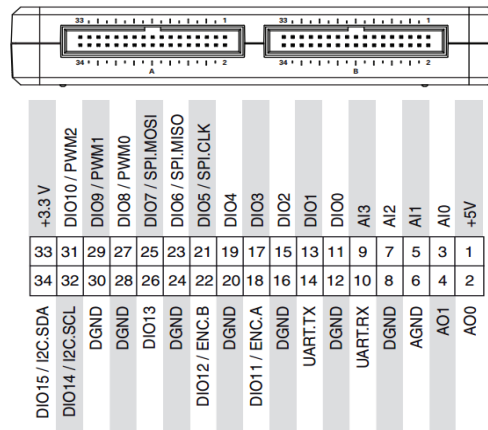
Gambar 2.11 *National Instrument myRIO-1900*

NI myRIO-1900 memiliki fitur *analog input* (AI), *analog output* (AO) *digital input and digital output* (DIO) serta menyediakan pin *audio* yang tertanam langsung didalamnya, untuk menghubungkan perangkat keras ini dengan komputer bisa menggunakan media *Universal Serial Bus* (USB) kabel dan *wireless* 802.11b,g,n. tabel spesifikasi *NI myRIO-1900* ditunjukkan pada Gambar 2.12.

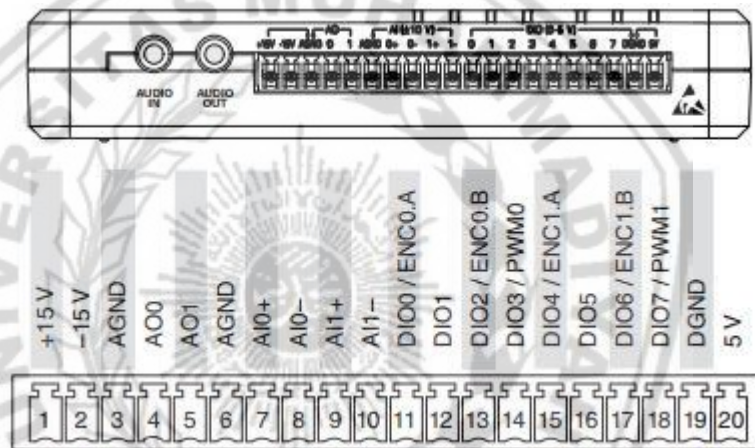
Processor FPGA	Xilinx Z-7010
Kecepatan processor	667 MHz core 2
Memori DDR3	512 MB, 16 bit
Wireless	Ada, standar IEEE 802.11 b.g.n
Frekuensi dan lebar channel	2,4 GHz dan 20 MHz
Analog Output	Ada
Digital I/O	Ada
Accelerometer	Ada, axis 3
Power Output	+5 V power output Tegangan output 4.75 V to 5.25 V +3.3 V power output Tegangan output 3.0 V to 3.6 V
Komunikasi	USB, Wireless

Gambar 2.12 Spesifikasi *NI myRIO-1900*

Perangkat keras ini memiliki 3 *channel connector pinout* A,B dan C yang mana beberapa pin memiliki fungsi primer dan sekunder. Gambar *channel connector pinout* A&B ditunjukkan pada Gambar 2.12 dan *channel connector pinout* C ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Channel Connector Pinout A&B



Gambar 2.14 Channel Connector Pinout C

2.4 Kontrol PID

2.4.1 Kontrol Proporsional

Kontrol Proporsional merupakan sebuah aksi yang bertanggungjawab untuk mempercepat respon untuk mencapai titik referensi. Dimana juga dapat dikatakan bahwasanya *output* dari kontrol proporsional hasil perkalian dari nilai K_p terhadap nilai masukannya. Relasi antara *output* kontrol $m(t)$ dengan sinyal *error* $e(t)$ dapat dilihat dari Persamaan 2.6 dan diagram blok kontrol proporsional ditunjukkan pada Gambar 2.15 sebagai berikut :

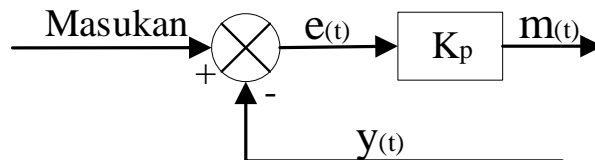
$$m(t) = K_p e(t) \quad (2.6)$$

Dimana:

K_p = Gain Proporsional

$e(t)$ = sinyal *error*

$m(t)$ = Output kontroler



Gambar 2.15 Diagram Blok Kontrol Proporsional

2.4.2 Kontrol Integral

Kontrol Integral merupakan sebuah aksi yang bertanggung jawab untuk menghilangkan kesalahan tunak (*offset*) yang disebabkan oleh aksi kontrol proporsional. Relasi antara *output* kontrol integral $m(t)$ dengan sinyal *error* $e(t)$ terlihat pada Persamaan 2.16 dan diagram blok kontrol integral ditunjukkan pada Gambar 2.6 sebagai berikut :

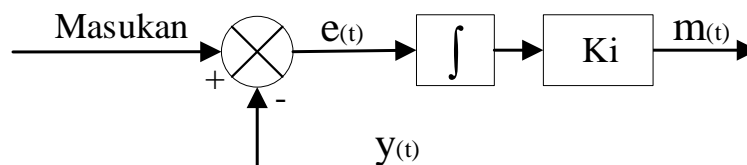
$$m(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (2.7)$$

Dimana :

K_i = Gain Integral

$e(t)$ = sinyal *error*

$m(t)$ = Output kontrol



Gambar 2.16 Diagram Blok Kontrol Integral

2.4.3 Kontrol Derivative

Kontrol *Derivative* adalah sebuah aksi kontrol yang bertanggungjawab mengefisienkan respon transien dengan memperbesar *phase lead* terhadap penguatan kontrol dan mengurangi *lag* penguatan tersebut. Kontrol derivative tidak akan bekerja jika tidak ada perubahan nilai input. Relasi *output* kontrol $m(t)$ dan sinyal *error* $e(t)$ terlihat pada Persamaan 2.7 dan blok diagram kontrol derivative ditunjukkan pada Gambar 2.17 sebagai berikut

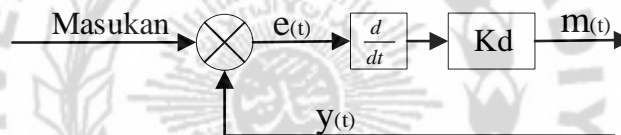
$$m(t) = Kd \frac{de(t)}{dt} \quad (2.8)$$

Dimana :

Kd = Gain derivative

$e(t)$ = Sinyal error

$m(t)$ = Output kontrol



Gambar 2.17 Diagram Blok Kontrol Derivative

2.4.1 Kontrol PID

Kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan gabungan dari ketiga kontrol proporsional, integral dan derivativ yang mempunyai keunggulan dibandingkan dengan kontrol yang terpisah secara independen. Persamaan kontrol PID dapat dinyatakan dalam Persamaan 2.9 dan diagram blok kontrol PID dapat ditunjukkan pada Gambar 2.18 sebagai berikut :

$$u(t) = Kp \cdot e(t) + Ki \int_0^t e(t)dt + Kd \frac{de(t)}{dt} \quad (2.9)$$

Dimana :

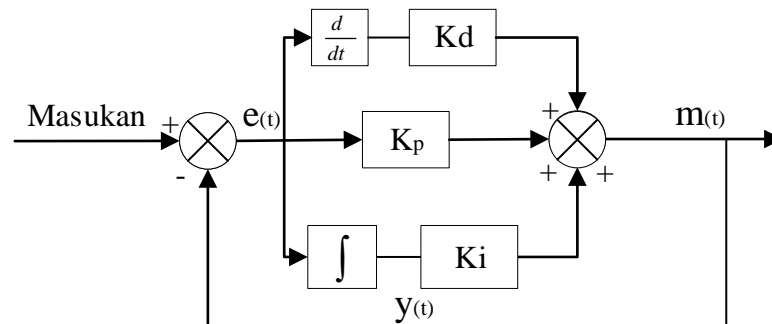
$m(t)$ = Output kontrol pengendali PID

Kp = Gain Proporsional

Ki = Gain Intgral

K_d = Gain Derivative

$e(t)$ = sinyal *error*



Gambar 2.18 Diagram Blok Kontrol PID

